

***Nagy intenzitású lézerek fejlesztése az ultraibolyában
elektron gyorsítókhoz***

PhD értekezés tézisei

Divall 'Csatári', Márta

**Témavezető:
Osvay Károly**

**Külső konzulens:
Ross Ian**

**Szegedi Tudományegyetem
Természettudományi és Informatikai Kar
Fizika Doktori Iskola
Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék**

2012

1. Bevezetés

Napjainkban a nagyenergiájú nukleáris kísérletek a tera-elektronvoltos (TeV) tartományban keresik a fizika alapkérdéseire a választ és kutatnak a standard modellen túl. A nagy hadronütköztető gyűrűben (Large Hadron Collider LHC) protonok fognak végleges 7 TeV-es energiájukra gyorsulni és ez lesz a legnagyobb energiájú ütköztető. Ezzel párhuzamosan lepton gyorsítók fejlesztése is zajlik annak érdekében, hogy a felfedezett részecskéket a megfelelő energiatarományban nagy pontossággal tudják vizsgálni. Mivel a gyűrű alakú gyorsítóknál elérhető energia kis tömegű részecskék esetén a szinkrotron sugárzás útján elvesztett energia miatt korlátozott, nagyobb energiájú elektronokat csak lineáris gyorsítókkal lehet előállítani. Az egyik nagy szabású kutatási fejlesztési program ezirányban az 1980-ban elindított Kompakt Lineáris Gyorsító (Compact Linear Collider, CLIC). A cél egy nagy fényességű elektron-pozitron ütköztető kifejlesztése néhány TeV tömegközépponti energiával. CLIC-ben a gyorsítás két nyalábon alapul. Egy nagy teljesítményű 12GHz-es meghajtó nyalábot állítanak elő alacsonyabb frekvenciájú nyalábkötegek egyesítésével. Ezt a teljesítményt a nyaláb lassításával nyerik ki és nagy térerősségű gyorsító struktúrákban egy második, próba nyaláb felgyorsítására használják. CLIC teszt konstrukció 3 (CLIC Test Facility 3 CTF3) ezt a gyorsítási tervet bizonyítja és optimalizálja.

Ezzel párhuzamosan megindult a szabadelektron lézerek fejlesztése világszerte azzal a céllal, hogy nagy fényességű foton nyalábokat állítsanak elő az extrém ultraibolya tartományban kondenzált anyagok kutatására és ultragyors reakciók és folyamatok vizsgálatára. A szabadelektron lézerek ugyancsak lineáris elektron gyorsítón alapulnak amit egy undulátor követ a fotonok előállítására. Ezek a típusú lézerek az elmúlt évtizedben egyre rövidebb hullámhosszú koherens sugárzást tudnak előállítani és jelenleg egyedülálló fényességet nyújtanak az 1eV-os foton energia tartományban. Ehhez azonban rövid, minőségi elektronkötegek előállítása szükséges. Ezeket az elektronokat fotoinjektorokkal állítják elő. A fotoinjektor vagy más néven foto-elektron ágyú fotoemisszió útján állítja elő az elektronokat, egy lézer által besugárzott fotokatódából. Ezek az elektronok az ágyúban lévő elektromos tér hatására néhány MeV energiára gyorsulnak kilépésük után. Foto-elektron ágyúk segítségével két nagyságrenddel nagyobb fényességű elektronnyalábot lehet előállítani, mint a hagyományos termikus elektron injektorokkal. Emiatt mind a CLIC meghajtó és próba nyalábhoz megfontolás alatt áll ennek a típusú elektron forrásnak a használata. Azon kívül, hogy minőségi nyalábok állíthatók elő ezen az úton, a foto-elektron ágyún alapuló injektorok kihasználják a lézerek által nyújtott előnyöket. Az lézer impulzusok idő- és térbeli alakja változtatható; a lézeroszillátorok által előállított impulzusok ismétlési frekvenciája a gyorsítóhoz hangolható; az impulzusok erősíthetők; és optikai kapuk segítségével az impulzussorozat struktúrája változtatható. Manapság a lézerek fontos részét képezik egy szabad elektron lézer rendszernek nem csak az elektronok előállításán keresztül, hanem azzal is, hogy pumpa-próba kísérletekhez szinkronizált lézer impulzusokat szolgáltatnak.

Nagy intenzitású ultribolya impulzusok más úton is előállíthatók. Az egyik, hagyományos lézereken (nem FEL) alapuló technika a többszínű lézer, ahol a rövid impulzusokat az infravörös tartományban állítják elő és erősítik, majd nemlineáris folyamatok útján konvertálják rövidebb hullámhosszakra. A fázismodulált erősítési (Chirped Pulse Amplification CPA) kifejlesztése és a módus szinkronizálási technikák fejlődése jelentős előrehaladást eredményezett a rövid impulzusok szilárd anyagokban történő nagy hatásfokú erősítésében. CPA kihasználja, hogy a széles sávú rövid impulzusokat diszperzió útján meg lehet nyújtani, és ezáltal alacsony intenzitáson erősíteni ezzel elkerülve a nemlineáris effektusokat és az anyag roncsolását. Az impulzus erősítés után újra összenyomható közel az eredeti hosszára. A pumpáló energia tárolásán alapuló erősítőkön túl az optikai parametrikus erősítők is kihasználják a CPA technikát és ultra szélessávban erősítik a megnyújtott impulzusokat. Ezeknek a komplex lézerrendszereknek minden eleme befolyásolhatja a nyaláb minőségét, és csökkentheti a kimeneti energiát, annak stabilitását, vagy a sáv szélességet. Mindezek a végső fókuszált intenzitást és a lézer felhasználhatóságát korlátozzák.

2. A kutatás motivációja és célkitűzések

2001-ben a lézer rendszer,- ami ez elektronok előállítására szolgált a CLIC tesz konstrukció 2 CTF2 rendszerben- villanólámpával pumpált regenerative és több nyalábutas erősítőkön alapult. Az egyedülálló impulzusokat szétválasztva, késleltetve és összerakva állította elő a kívánt 48 impulzust. Ezzel a módszerrel hosszabb impulzussorozatok előállítása nem volt praktikus. Mivel a végső CLIC nagy átlag áramú elektronnyalábjának előállításához több ezer impulzusra van szükség 500MHz-en, további lézerfejlesztésre és technológiai változtatásokra volt szükség a nagy átlag- és impulzussorozat teljesítmények eléréséhez. **Dióda pumpált 'master' oszcillátor teljesítmény erősítőt építtek többutas nyaláb elrendezésben, amely a Nd:YLF módus szinkronizált oszcillátor impulzusait erősíti 5000-szeresére. A rendszer állandósult állapotában vizsgálom a kimeneti paramétereket és a hosszú impulzussorozatokat negyedik harmonikusukra konvertálom, hogy a megfelelő energiát szolgáltatassák a CTF2 elektron ágyúhoz ultraibolyában. Dolgozok egy kód kifejlesztésén, ami a többutas erősítőt modellezi és összehasonlítom a modellt a mérési eredményekkel.**

A fent említett PILOT (Photo-injector Long Train) lézer a stabilitástól eltekintve minden szempontból megfelelt a CTF2 elektronágyúhoz. Megindult egy teszt konstrukció PHIN (photo-injector) építése ami egy nagyobb teljesítményű lézer építését magába foglalva nagy átlag áramú elektronágyú építését tűzte kis céljául. A lézer stabilitás az ultra-ibolyában 0,25% négyzetes középértékre volt megszabva. **A PILOT lézer mintájára két lézer erősítőt tervezek többutas elrendezésben és összehasonlítom a mért és számolt kimeneti erősítést. Megmértem a lézer stabilitását és analízálom a zaj forrásait. A lézer és az általa előállított elektron nyaláb paraméterei között korrelációs méréseket végeztem.**

CTF3 rendszer egyik legnagyobb kihívása a nagy teljesítményű meghajtó elektronnyaláb előállítása, ahol az ismétlési frekvenciát 1.5GHz-ről 12GHz-re kell növelni. Ezt késleltető és összefésülő gyűrűkkel érik ahol nagy frekvencián működő mágnesen alapuló kapcsolókat használnak az elektronok terelésére. Ehhez az elektron nyalábokat úgy kell rendezni, hogy fázisban és nem

fázisban érkezenek meg a kapcsolókhoz. Ez az úgy nevezett fazes kódolás a jelenleg használt termionikus elektronágyúval alacsony harmonikusokon alapuló gyorsítóüregekkel és nagy frekvenciás kapcsolókkal érhető el. A kapcsolás 8 elektron kötegen keresztül történik és mellékimpulzusokat eredményez a nem kívánt fázisban. Ezek a mellékimpulzusok ~7%-át tartalmazzák a teljes töltésnek és jelentős surárveszélyt eredményezhetnek a jövőbeli CLIC gyorsító esetén, mivel különböző nyalábutat követnek, mint a fő elektronnyaláb. **Fázis kódolási rendszert építék a lézeren, ami két egymást követő impulzus között kapcsol <200ps-os emelkedési idővel minden 140 ns-ban. Pontos 180 fokos fázistolást kell létrehozni az 1.5 GHz-es electron nyaláb ismétlési frekvenciájához képest. Ezen túl a fáziskódolt impulzussorozatot erősítem és a negyedik harmonikussal keltett elektronok tulajdonságait vizsgálom a CTF3 PHIN elektronágyún.**

Nagy intenzitású ultraibolya impulzussorozatok nagy hatásfokú előállításához az impulzusokat infravörösben állítjuk elő és erősítjük, majd nemlineáris kristályokban – a mi esetünkben -negyedik harmonikusokat keltünk. Annak az esélye, hogy két foton egyszerre nyelődik el az anyagban négyzetesen nő az intenzitással. Ezt az effektust egy nyalábos kétfotonos abszorpciónak hívják (single beam two photon absorption TPA). Az elmélet jól ismert, de a nemlineáris abszorpció tényező nem mindig ismert az előállított hullámhosszakon a leggyakrabban használt kristályokra, héha a rendelkezésre álló adatok nem konzisztensek. **A célom az, hogy megmérjem a nemlineáris abszorpció tényezőt BBO, CLBO, LTB and KDP kristályokban 250 nm környékén.**

Fényesség, mint már korábban is említettem, az egyik legfontosabb tulajdonsága az impulzusnak, ami az energia eloszlástól és a fókuszálhatóságtól függ. Mikor roved impulzusok intzítását számoljuk, gyakran tipikus impulzuseloszlással számolunk, például gaussi vagy sech^2 alakokkal. Valós rendszerekben az impulzus időbeli eloszlása eltérhet ettől. Elő- és utóimpulzusok alakulhatnak ki nyújtás, erősítés és az összenyomás során. Az időbeli kontraszt, - ami az elő- és utóimpulzusok intenzitásaránya a fő impulzushoz képest - ezt az időbeli eloszlást jellemzi. Az időbeli kontraszt befolyásolja a kölcsönhatást az impulzus és az anyagok között a kísérletekben. **A célom, hogy valós optikai elemek hatását vizsgáljam a spektrumon és a fázison, és ezen keresztül az időbeli kontraszton. Ezen túl kiszámolom, hogy hagyományos mérőeszközökkel, mint például spektrográf és autokorrelátor, milyen pontossággal lehet megbecsülni a kontrasztot.**

3. Vizsgálati módszerek

Az elektronágyúhoz szolgáló lézerek fejlesztése során folytonos és módusszinkronizált Nd:YLF lézereket használok 300mW kimenő teljesítményig és 1.5GHz-es ismétlési frekvenciáig. Ezek szolgáltatják az erősítő bemenő jelét. CCD kamerákat használok a pumpálás homogenitásának és a kimenő nyalábok térbeli eloszlásának mérésére. Gyors fotodiódákkal és gyors mintavételezésű oszcilloszkópokkal mérem az erősítést és az állandósult állapot kialakulását. Ugyanezekkel az eszközökkel mérem az elektro-optikai kapuk kapcsolását. Femtochrome háttérmentes letapogatásos autokorrelátorral mérem az impulzus hosszt az erősítés által okozott effektusok mérésére (telítődés,

erősítés által okozott sávszűkülés). Teljesítmény és energiamérő eszközöket (Gentec, Laser Probe, Coherent) használok a kimeneti paraméterek és a konverziós hatások méréséhez. A termális hatásokat sugárirányban nyíró Sagnac interferométerrel mérem, amit az erősítő kimeneti nyalábjába helyezek. A mért interferogramokat CCD képtároló és vonal analizáló rendszerrel dolgozom fel (Fringe Analyser Oxford Frame store Applications Ltd.). A kód, ami az erősítést és a állandósult állapot kialakulását számolja MthCad-ben van megírva.

A kétfotonos abszorpció mérését a Szegedi Egyetem Kísérleti Fizika Tanszékén kifejlesztett KrF lézerrendszerén végzem. Házilag készített elektronikával ellátott fotodiódákat LaserProbe energia mérővel kalibrálom be és oszcilloszkóppal digitalizálom a jelüket. Az adatokat Labview-ban írt kóddal olvasom ki, tárolom és analizálom. A pontos utóanalízist MathCad-ebe írt kóddal végzem. A nyalábok térbeli eloszlását CCD kamerával mérem.

A fáziskódolás kifejlesztése során Hamamatsu 'streak' kamerát használok a kapcsolás pontosságának mérésére; párhuzamosan optikai szál asztigmatikus fotodiódákkal mérek egy 18GHz-es LeCroy digitális oszcilloszkópon. ZEMAX-ban optikai vonalat tervezek az electron nyalábok által előállított Cserenkov sugárzás időbontott méréséhez, ugyancsak Hamamatsu 'streak' kamerán. Kapuzott, erősített jelű kamerákat használok az elektronnyaláb mérésére optikai átmeneti sugárzást mérve. Gyors áram transzformátort használok az előállított teljes töltés mérésére.

Az időbeli kontraszt számolásához MatLab kódot használok. Mért adatokat és tipikus elrendezéseket használok az impulzus és a spektrum eloszlásához bemeneti adatként.

4. Új tudományos eredmények

1. Megépítettem egy többutas dióda pumpált 'master' oszcillátor teljesítmény erősítőt a CERN CTF2 fotoinjektorhoz. Egyszerű oldalpumpált rúd geometriával dolgoztam. A PILOT rendszer nagy erősítéssel, hatásokkal és stabilitással bír. Az állandósult állapotban (steady-state) fennálló telített erősítéssel 7 kW/cm^2 kimeneti impulzussorozat átlagteljesítményt értem el. A MthCadben kifejlesztett kód jó egyezést mutat a mért eredményekkel, és alkalmazható a rendszer felskálázására^{J1}. A pumpálási eloszlás Zernike analízise azt mutatta, hogy a nyalábban csak asztigmatikus torzulás van a termális hatások miatt, ami könnyen kompenzálható nagyobb átlagteljesítmények esetén^{J1}. A PILOT lézer rendszer lehetővé tette az első hosszú impulzussorozatú működést a CERN elektronágyú, ezzel nagy áramú elektronnyalábot előállítva.
2. Megtreveztem és megépítettem egy két erősítőből álló rendszert, ami a PILOT lézerhez hasonlóan egy **dióda pumpált 'master' oszcillátor teljesítmény erősítő**, 25 kW/cm^2 kimenő impulzus sorozat átlag teljesítménnyel. A fotoinjektor lézer^{J2,C1-5} (PHIN) erősítők 0.2% rms és 0.34% négyzetes középérték stabilitást mutatnak és a bemenő jel lassú változását nagy mértékben kompenzálják. A bemenő jel gyors változásait a kimeneten vizsgáltam az állandósult állapotban időbontott és frekvencia tartományban végzett mérésekkel. respectively, and proved the capability to compensate for the slow drifts of the input intensities és ezekkel a modellel összehasonlítottam^{J2,C6}. A kimenő jel stabilitása hasonló fotoinjektor lézerekhez képest, - aktív stabilizálás alkalmazása nélkül - kiemelkedő. Ez tovább javítható a pumpáló diódák tápegységének stabilizálásával, az

erősítő vízhűtőjének pontosabb stabilizálásával és a lézerszoba hőmérséklet szabályozásával (a hőmérséklet 5-6°C-ot változott a nap során). További stabilizálás lehetséges zárt körű visszacsatoló rendszerrel. A megadott energia szintet a katódnál elérte a rendszer. A CTF3 fotoinjektor ezzel a lézerrel meghajtva mai napig egyedülálló átlagáramot állít elő^{J3,C7-8}. A lézerrendszert a Concept d'Accélérateur Linéaire pour Faisceau d'Electron Sonde (CALIFEs) próba nyaláb injektorhoz is használtuk elektronok előállítására, ahol az első két nyalábos elektron gyorsítást bizonyítottuk a CLIC rendszerhez^{C9}.

3. Meghatároztam a kétfotonos abszorpciós tényezőt 5mm - 15mm hosszú BBO, CLBO, KDP and LBO kristályokban 248nm-en intenzitásfüggő transzmisszió mérése útján^{J4,C10-11}. Az elméleti illesztés a mért adatokhoz a következő nemlineáris abszorpciós tényezőket eredményezte: 0.48 cm/GW, 0.5 cm/GW, 0.34 cm/GW, 0.22 cm/GW és 0.53 cm/GW ebben a sorrendben a KDP, BBO (o-sugár), BBO (e-sugár), LTB és CLBO kristályokra. A legjobb ismeretünk szerint ez volt az első mérés LTB-re és CLBO-ra, hasznos referenciát nyújtva, mikor nemlineáris kristályt választunk nagy intenzitású ultraibolya impulzusok előállítására parametrikus erősítés, vagy harmonikus keltés útján.
4. Megterveztem és megépítettem egy fáziskódoló rendszert a PHIN lézeren. A kódoló a megfelelő impulzusstruktúrát állítja elő, és alkalmazható mind a CTF3 mind pedig a CLIC electron nyalábköteg kombinációjához^{J5,C4,C12}. A rendszer gyors kapcsolási idejű Mach-Zehnder száloptikás modulátorokon alapul, amelyek használata elterjedt a telekommunikációban. A pontos időbeli és amplitúdó beállítást frekvenciatartományban végzett mérésekkel értem el. A késleltetést 0.1ps pontossággal, míg az amplitúdót 0,1% pontossággal állítottam be. Ennél jobb eredményt az oszcillátorból eredő gyors amplitúdóváltozások miatt nem tudtam elérni. A rendszer működését az elektronnyalábon végzett mérésekkel is ellenőriztem. A lézeren alapuló fáziskódolás nem okoz mellékimpulzusokat és az elektronnyaláb legfontosabb paramétereit,- mint töltés, töltés stabilitás, az energia spektrum kiterjedése és az 'emittance',- megőrzi^{J5}.
5. Gyors és hasznos módszert dolgoztam ki nagy intenzitású impulzusok időbeli kontrasztjának becslésére, amely a legtöbb laboratóriumban előforduló diagnosztikával mérhető. A számolások alapján azt találtam, hogy a maximálisan elérhető legjobb kontraszt megbecsülhető a spektrumból sokkal alacsonyabb dinamikus tartományban való mérések alapján^{J6,C13-14}. Nagy időbeli kontrasztú impulzusokat előállító rendszerek toleranciáját vizsgáltam a bennefoglalt optikák spektrális átmeneti függvényére és magasabb rendű diszperzió hatására számolásából ezekre a paraméterekre. A számolások kimutatták, hogy a gaussi impulzusok kevésbé érzékenyek a spektrális vágásra, mint a sech^2 impulzusok. Továbbá azt találtam, hogy a spektrum éles vágásával ellentétben a valóságban gyakrabban előforduló lágy vágás kevésbé rontja az időbeli kontrasztot. Megmutattam, hogy a laboratóriumokban leggyakrabban elérhető autokorrelátorral a kontraszt nem becslhető meg. Mérések, amelyek a Rutherford Appleton Laboratory Ti:Saph lézerén és a LUND multi-TW lézerrendszeren történtek, jó egyezést mutatnak a mért és számolt adatok között, ahol az időbeli alakot a spektrumból becsültem^{J7}.

5. 4. Az értekezéssel kapcsolatos közlemények

Referált folyóiratokban

- J1. N. Ross, **M. Csatári**, S. Hutchins,
High performance diode pumped Nd: YLF amplifier
Appl. Opt., Vol. 42 (6), 1040-1047 (2003)
- J2. M. Petrarca, M. Martyanov, **M. C. Divall**, G. Luchinin,
Study of the Powerful Nd:YLF Laser Amplifiers for the CTF3 Photoinjectors
J. Quant. Elec., Vol 47 (3) 306-313 (2011)
- J3. Eric Chevallay, **Marta Csatari**, Anne Dabrowski, Steffen Doeber, Daniel Egger, Valentine Fedosseev, Oznur Mete, Maja Olvegaard, Massimo Petrarca
Production of long bunch trains with 4.5μC total charge using PHIN photo-injector
Phys. Rev. Lett. STAB (accepted)
- J4. **M. Divall**, K. Osvay, G. Kurdi, E.J. Divall, J. Klebiczki, J. Bohus, Á. Péter and K. Polgár
Two-photon-absorption of frequency converter crystals at 248 nm
Appl. Phys. B: Lasers and Optics Vol. 81, 8 (2005)
- J5. **M. 'Csatari' Divall**, A. Andersson, B. Bolzon, E. Bravin, E. Chevallay, S. Döbert, A. Drozdy, V. Fedosseev, C. Hessler, T. Lefevre, S. Livesley, R. Losito, Ö. Mete, M. Petrarca, A.N. Rabiller
Fast phase switching within the bunch train of the PHIN photo-injector at CERN using fiber-optic modulators on the drive laser
Nucl. Instr. and Meth. in Physics Research Section A Vol. 659, 1, p. 1-8 (2011)
- J6. K.Osvay, **M.Csatári**, A.Gaál, I.N.Ross
Temporal contrast of high intensity femtosecond UV pulses
J.Chin.Chem.Soc. 47 855-857 (2000)
- J7. K. Osvay, **M. Csatari**, I. N. Ross, A. Persson and C.G. Wahlström
On the temporal contrast of high intensity femtosecond laser pulses
Laser and Particle Beams Vol. 23 p. 327-332, (2005)

Konferenciákon

- C1. Petrarca, M., Fedosseev, V., Elsener, K., Lebas, N., Losito, R., Masi, A., **Divall, M.**, Hirst, G., Ross, I., Vicario, C., Boscolo, I., Cialdi, S., Cipriani, D.
CTF3 photo-injector laser
Lasers and Electro-Optics Europe, 2009, CLEO/Europe IBSN 978-1-55752-869-8 (2009) *poster*
- C2. G. Kurdi, I. O. Musgrave, **M. Divall**, E. Springate, G. Hirst, I. Ross, W. Martin:
High Average Power Phase-Coded Laser System for the CTF3 Photoinjector
Conf. on Lasers and Electro-Optics, 2007, Baltimore, USA, paper CWD5 (2007) *poster*
- C3. R. Losito, H.-H. Braun, N. Champault, E. Chevallay, V. Fedosseev, A. Kumar, A. Masi, G. Suberlucq, **M. Divall**, G. Hirst, G. Kurdi, W. Martin, I. Musgrave, I. Ross, E. Springate, G. Biennu, B. Mercier, C. Prevost, R. Roux
The PHIN photoinjector for the CTF3 drive beam
Proceedings of EPAC 2006, Edinburgh, Scotland WEPLS059 p. 2517 (2006) *poster*
- C4. G. Kurdi, I.O. Musgrave, **M. Divall**, E. Springate, G. Hirst, I. Ross and W.E. Martin
High Average Power Phase-Coded Laser System for the CTF3 Photoinjector.
OSA 1-55752-834-9 (2005)
- C5. **M. Divall**, E. Springate, G. Hirst, I. Ross, G. Suberlucq, R. Losito,
A diode-pumped laser system for the photo-injector of an accelerator
Lasers and Electro-Optics Europe, 2005. CLEO/Europe. CA8-6-TUE (2005) *oral*
- C6. **Marta 'Csatari' Divall**, Eric Chevallay, Valentine Fedosseev, Nathalie Lebas, Roberto Losito, Massimo Petrarca, Mikhail A. Martyanov, Vladimir V. Lozhkarev, Grigoriy A. Luchining
Stability of a high power diode-pumped Nd:YLF laser system for photo-injector applications at CERN
SPIE, Photonics Europe 2010 7721-33 (2010) *oral*
- C7. M. Petrarca, H.-H. Braun, E. Chevallay, S. Doeber, K. Elsener, V. Fedosseev, G. Geschonke, R. Losito, A. Masi, O. Mete, L. Rinolfi, A. Dabrowski, **M. Divall**, N. Champault, G. Biennu, M. Jore, B. M. Mercier, C. Prevost, R. Roux, C. Vicario

- First results from commissioning of the PHIN Photo injector for CTF3*
 Proceedings of PAC09, Vancouver, BC, Canada MO6RFP063 p. 509-511 (2009) *poster*
- C8. M. Petrarca, E. Chevallay, S. Doeber, A. Dabrowski, **M. Divall**, V. Fedosseev, N. Lebas, T. Lefevre, R. Losito, D. Egger, O. Mete
Performance of the PHIN high charge photo injector
 THPEC032 Proceedings of IPAC'10, Kyoto, Japan p. 4122 (2010) *poster*
- C9. W. Farabolini, D. Bogard, A. Curtoni, P. Girardot, F. Peauger, C.S. Simon, E. Chevallay, **M. Divall Csatari**, N. Lebas, M. Petrarca, A. Palaia, R.J.M.Y. Ruber, V.G. Ziemann
CTF3 Probe Beam LINAC Commissioning and Operations
 IPAC 2011 MOP001 (2011) *oral*
- C10. **M. Csatári**, K. Osvay, J. Klebniczki, G. Kurdi, E.J. Divall, J. Bohus, Á. Péter
Two-photon-absorption of frequency upconverter crystals at 248 nm
 28th ECLIM, Rome, Italy, 2004, paper Mo/P/21 (2004) *poster*
- C11. **M. Csatári**, K. Osvay, J. Klebniczki, G. Kurdi, E.J. Divall
Two-photon absorption measurements in frequency converter crystals for ultraviolet pulses
 FemtoMat 2002, Visegrád, Hungary, (2002) *oral*
- C12. **M. Divall Csatari**, A. Andersson, B. Bolzon, E. Bravin, E. Chevallay, A.E. Dabrowski, S. Döbert, V. Fedosseev, C. Heßler, T. Lefèvre, S. Livesley, R. Losito, O. Mete, M. Olvegård, M. Petrarca, A. Rabiller, Drozdy, D. Egger
High Charge PHIN Photo Injector at CERN with Fast Phase Switching within the Bunch Train for Beam Combination
 IPAC 2011 MOPC 150 (2011) *poster*
- C13. K. Osvay, **M. Csatári**, I.N. Ross, A. Persson, C.-G. Wahlström
On the temporal contrast of high intensity fs laser pulses
 28th ECLIM, Rome, Italy, 2004, paper We/O2/4/O (2004) *poster*
- C14. K. Osvay, **M. Csatári**, I.N. Ross, A. Persson, C.-G. Wahlström
On the temporal contrast of high intensity fs laser pulses
 2nd FemtoMat Conference, Bad Kleinkirchheim, Austria, 2004, paper We 2. (2004) *poster*

5. Egyéb közlemények

Referált folyóiratokban

- J8. G. Kurdi, K. Osvay, **M. Csatári**, I. N. Ross, J. Klebniczki
Optical parametric amplification of femtosecond ultraviolet laser pulses
IEEE J.Sel.Top.Quant.Electr. 10 (2004) (invited)
- J9. K. Osvay, A. P. Kovács, Z. Heiner, G. Kurdi, J. Klebniczki, **M. Csatári**
Angular dispersion and temporal change of femtosecond pulses from misaligned pulse compressors
IEEE J.Sel.Top.Quant.Electr. 10 (2004) 213-220
- J10. K. Osvay, G. Kurdi, J. Klebniczki, **M. Csatári**, I. N. Ross
Demonstration of high gain amplification of femtosecond UV laser pulses
Appl. Phys. Lett. 80 (2002) 1704-1706
- J11. K. Osvay, G. Kurdi, J. Klebniczki, **M. Csatári**, I. N. Ross, E. J. Divall, C. H. J. Hooker, A. J. Langley
Broadband amplification of ultraviolet laser pulses
Appl. Phys. B 74 (2002) S163-S169
- J12. I. Képiró, K. Osvay, **M. Divall**
Correction of small imperfections on white glazed china surfaces by laser radiation
Appl. Surf. Sci. **253** (2007) 7798-7805

Konferenciákon

- C15. K. Osvay, A. P. Kovács, Z. Heiner, **M. Csatári**, Z. Bor, G. Kurdi, M. Görbe, J. Klebniczki, I. E. Ferincz:
A table-top high contrast TW laser system
CLEO/Europe, EQEC Focus Meeting, 2005, Munich, Germany, paper CG-13-TUE (2005)
- C16. G. Kurdi, K. Osvay, Z. Bor, I. E. Ferincz, J. Hebling, J. Klebniczki, A. P. Kovács, I. N. Ross, R. Szpöcs, **M. Csatári**, K. Varjú:
A TW laser system with controllable chirp and tuneable UV pulses
Recent Advances in Ultrafast Spectroscopy (Proc. of UPS 2001) Leo S. Olschki, Firenze, p.249-256 (2003)
- C17. K. Osvay, G. Kurdi, A. P. Kovács, Zs. Heiner, **M. Csatári**, J. Klebniczki, I. E. Ferincz
Measurement of residual angular dispersion and temporal lengthening of femtosecond pulses due to misalignment of pulse compressors
Ultrafast Optics IV, Vienna, (2003)
- C18. P. Kovács, K. Varjú, G. Kurdi, K. Osvay, Zs. Heiner, J. Klebniczki, **M. Csatári**
Experimental investigation of angular dispersion in ultrashort pulses having Gaussian spatial profile
Ultrafast Optics IV, Vienna, (2003)
- C19. K. Osvay, G. Kurdi, J. Klebniczki, **M. Csatári**, I. N. Ross
Optical parametric amplification of femtosecond pulses at 400 nm
Theory and experiment in ultrafast processes, European Science Foundation ULTRA Programme, Vilamoura, Portugal, PP16, 53-54 (2002)
- C20. K. Osvay, G. Kurdi, J. Klebniczki, **M. Csatári**, I. N. Ross
High gain amplification of femtosecond UV laser pulses
IEEE LEOS Annual Meeting, Glasgow, Scotland, 2002 (invited), paper MH2 (2002)
- C21. K. Osvay, G. Kurdi, J. Klebniczki, **M. Csatári**, I. N. Ross
Optical parametric amplification of femtosecond pulses at 400 nm
FemtoMat 2002, Visegrád, Hungary, (2002)
- C22. K. Osvay, G. Kurdi, J. Klebniczki, **M. Csatári**, I. N. Ross
Optical parametric amplification of femtosecond pulses at 400 nm
XII. Ultrafast Processes in Spectroscopy 2001, Florence, Italy, paper P31 (2001)
- C23. K. Osvay, G. Kurdi, J. Klebniczki, **M. Csatári**, I. N. Ross, E. J. Divall, C. H. J. Hooker, A. J. Langley
Noncollinear optical parametric amplification of femtosecond UV pulses
CLEO/Europe-EQEC Focus Meeting 2001, Munich, Germany, C-PSL 158 (2001)

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT

Alulírott Dr. Bohus János, Drozdy András, Gaál Attila, Dr. Klebniczki József, Dr. Kurdi Gábor, Dr. Osvay Károly, Dr. Péter Ágnes, Dr. Polgár Katalin hozzájárulunk, hogy Divall 'Csatári' Márta felhasználja:

- K. Osvay, **M. Csatari**, I. N. Ross, A. Persson and C.G. Wahlström, *On the temporal contrast of high intensity femtosecond laser pulses*
Laser and Particle Beams Vol. 23 p. 327-332, (2000)
- K. Osvay, **M. Csatári**, A. Gaál, I. N. Ross *Temporal contrast of high intensity femtosecond UV pulses*
J. Chin. Chem. Soc. Vol. 47 p. 855-857 (2000)
- **M. Divall**, K. Osvay, G. Kurdi, E. J. Divall, J. Klebniczki, J. Bohus, Á. Péter and K. Polgár *Two-photon-absorption of frequency converter crystals at 248 nm*
Appl. Phys. B: Lasers and Optics Vol. 81, p. 8 (2005)
- **'Csatári' Divall, M.**, Andersson, A., Bolzon, B., Bravin, E., Chevallay, E., Döbert, S., Drozdy, A., Fedosseev, V., Hessler, C., Lefevre, T., Livesley, S., Losito, R., Mete, Ö., Petrarca, M., Rabiller, A. N. *Fast phase switching within the bunch train of the PHIN photo-injector at CERN using fiber-optic modulators on the drive laser*
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol. 659, 1, p. 1-8. (2011)
- **M. Csatari Divall**, A. Andersson, B. Bolzon, E. Bravin, E. Chevallay, A. Dabrowski, S. Doeber, A. Drozdy, V. Fedosseev, C. Hessler, T. Lefevre, S. Livesley, R. Losito, M. Olvegaard, M. Petrarca, A. N. Rabiller, D. Egger, O. Mete *High charge PHIN photo-injector at CERN with fast phase-switching within the bunch train for beam combination*
MOPC150 Proceedings of IPAC2011, San Sebastián, Spain (2011)

közös közleményünkben foglalt eredményeinket a Szegedi Tudományegyetem Fizika Doktori Iskola keretében a PhD fokozat eléréséért benyújtott dolgozatában, és egyúttal kijelentjük, hogy ezeket az eredményeket nem használtuk fel tudományos fokozatunk megszerzésekor, s ezt a jövőben sem fogjuk tenni. A szóban forgó közleményben a jelölt szerepe meghatározó fontosságú.

Szeged, 2012. január 12.

.....
Divall 'Csatári' Márta

.....
Drozdy András

.....
Dr. Bohus János

.....
Gaál Attila

.....
Dr. Klebniczki József

.....
Dr. Kurdi Gábor

.....
Dr. Péter Ágnes

.....
Dr. Osvay Károly

.....
Dr. Polgár Katalin